



## Coopération/compétition : de la biologie au management

Alain Jeunemaitre, Nicola Mirc

### ► To cite this version:

Alain Jeunemaitre, Nicola Mirc. Coopération/compétition : de la biologie au management. Le Libellio d'ÁEGIS, 2008, 4 (3), pp.21-30. hal-00408511

**HAL Id: hal-00408511**

**<https://hal.science/hal-00408511>**

Submitted on 30 Jul 2009

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Jeunemaitre Alain & Mirc Nicola (2008) "Coopération/compétition : de la biologie au management", *Le Libellio d'Aegis*, volume 4, n° 3, hiver 200-2009, pp. 21-30

---

## Sommaire

---

### DOSSIER SPÉCIAL CONCURRENCE ET COOPERATION

---

**1**

Théorie de la coopération entre concurrents : interdépendances, discipline sociale et processus sociaux  
*E. Lazega*

**6**

Les jeux de conception d'une plate-forme entre coopération et concurrence, le cas du Métro  
*B. Segrestin*

**13**

Le concept de coopétition : quelques voies de recherche à partir d'une analyse de cas  
*C. Depeyre & H. Dumez*

**21**

Coopération/compétition : de la biologie au management  
*A. Jeunemaître & N. Mirc*

---

**31**

Les méta-organisations  
*H. Dumez*

**36**

Où repose René Descartes ? L'enquête  
*H. Dumez*

**44**

Prochain séminaire AEGIS

Les autres articles de ce numéro & des numéros antérieurs sont téléchargeables à l'adresse :

<http://crg.polytechnique.fr/v2/aegis.html#libellio>

---

## Coopération/compétition : de la biologie au management

Nombre de disciplines scientifiques traitent du problème de l'efficience à leur manière. Pour l'économie, celle-ci repose sur la maximisation du bien-être et du profit, pour la gestion sur la performance, et pour la biologie sur la capacité à se transmettre et se reproduire. L'idée d'efficience est elle-même associée à celle de sélection, chaque individu, agent, objet, lutte pour un gain ou sa survie. Tel qu'on peut se représenter la situation en termes simples, il se trouve en concurrence avec d'autres pour l'obtention d'une ressource rare qui lui permettra d'améliorer sa position de départ. Dès lors, le comportement type est celui de la recherche de l'avantage individuel sans grande considération de l'effet produit sur les autres. Depuis les travaux de John Von Neuman (1945) et John Nash (1950-1953), la théorie des jeux a donné un cadre conceptuel à l'étude de ces comportements. La majorité des modélisations a traité des contextes non-coopératifs, reproduisant l'idée de la recherche d'un gain pour soi qui s'effectue aux dépens des autres. La perspective évolutionniste en biologie partage cette perspective quant aux succès d'un gène, d'un organisme biologique, d'une espèce animale.

Cependant, les comportements coopératifs existent à de nombreux niveaux. Dans le domaine de la gestion, les entreprises développent des stratégies d'alliance, des partenariats, tout comme en biologie il existe des mises en commun dans le monde cellulaire ou animal. Plus encore, les formes de vie organisée au travers d'institutions, d'associations, font de l'espèce humaine la championne de la coopération contredisant en cela la vision simpliste de la recherche permanente de l'avantage individuel de court terme comme stratégie gagnante de l'évolution. En gestion, l'intérêt pour la coopération a été illustré par Adam Brandenburger et Bary Nalebuff (1996) qui ont repris l'idée de coopération – l'idée de tirer parti des interdépendances, des complémentarités avec des concurrents et des fournisseurs tout en se faisant concurrence.

En biologie également, un grand nombre de travaux ont appliqué la théorie des jeux à différents problèmes, allant de la relation proie/prédateur, aux combats rituels dans les conflits, ou aux complémentarités entre parasites et hôtes. Ils ont permis d'élaborer différents principes et règles permettant d'appréhender l'importance de la coopération dans la dynamique de l'évolution.

Dans cet article, centré sur la relation coopération/concurrence, le fil conducteur consiste à présenter les différentes formes d'émergence de coopération telles que des mathématiciens biologistes la conçoivent, puis dans un deuxième temps à s'interroger sur les liens possibles avec des recherches en gestion. En particulier, l'accent sera porté sur l'importance des phénomènes de réseaux à partir de deux articles servant d'exemples pratiques. Enfin, poursuivant la discussion, la troisième partie portera sur les apports possibles de la simulation de comportements coopératifs à partir de l'*agent based modelling*.

### Cinq règles sur l'évolution de la coopération

Professeur en biologie mathématique, Martin Nowak a publié sur la dynamique de l'évolution, en particulier sur le rôle joué par les phénomènes de mutation et de sélection des gènes, ce qui l'a conduit à s'intéresser à l'*evolutionary game theory* et notamment à chercher à répondre à la question, « si la sélection naturelle repose sur compétition entre gènes, virus, espèces, etc., comment celle-ci peut-elle conduire à la coopération ? » (Nowak, 2006a). Ses travaux l'ont conduit à proposer cinq formes évolutionnistes de la coopération. On le suivra ici pas à pas dans la présentation qu'il en a faite dans la revue *Science* sans entrer dans les équations qui sous-tendent ces formes (Nowak, 2006b).

L'approche distingue deux types d'individus, celui qui coopère et celui qui décide de rester en dehors de la coopération. Le coopérant subit le coût de sa coopération pour procurer à un autre individu un bénéfice. Le non coopérant ne subit aucun coût et ne distribue aucun bénéfice. Les coûts et les bénéfices sont mesurés en termes de « fitness », la capacité dans une perspective biologique à survivre, c'est-à-dire se transmettre par la reproduction. Comme le souligne Nowak, dans une population mélangée, les non-coopérants ont l'avantage. Par contre, des populations seulement faites de coopérants ont en moyenne une capacité reproductrice plus élevée, que celles faites exclusivement de non-coopérants. Dès lors, pour qu'il existe un taux de reproduction suffisant, il faut qu'il existe dans les populations mixtes des mécanismes qui soient une aide à l'établissement de la coopération.

#### Les liens de parenté

La proximité par la ressemblance ou encore la coopération en raison de ce que l'on partage en commun peut se comprendre par l'image du sauvetage d'une noyade. « Je plongerai dans la rivière pour sauver deux frères, ou bien encore huit cousins » Autrement dit, l'individu tend à accepter la coopération, et ce de façon unilatérale, dans la mesure où elle lui permet de protéger son patrimoine, et donc d'accroître ses chances de se maintenir et de se reproduire. Elle est donc d'autant plus probable lorsque le lien de parenté est élevé et que le coût de la coopération est faible pour un bénéfice important distribué à ses proches. Inversement, dans le cas de parents très éloignés avec un coût de la coopération élevé, et peu de bénéfice à procurer à ses proches, la coopération unilatérale devient peu probable.

#### La réciprocité directe

La coopération n'existe pas seulement avec ses proches. Elle se produit aussi avec des individus qui n'ont rien en commun. On en revient ici au formalisme de la théorie des jeux et notamment aux extensions qui ont eu lieu autour du problème du dilemme du prisonnier. Dans son travail sur l'évolution de la coopération Robert Axelrod (1984) a montré comment dans un jeu du dilemme du prisonnier la coopération répétée sans cesse, la stratégie « *Tit for Tat* » (un prêté pour un rendu) s'avère gagnante par rapport à toute stratégie qui chercherait par un biais ou un autre à exploiter à son profit la coopération. Les principes qui fondent la stratégie caractérisent le contexte dans lequel la coopération peut se développer : ne pas être envieux, c'est-à-dire ne pas tant regarder ce que son voisin accumule mais sa progression personnelle ; ne jamais agresser le premier de manière à faire montre d'un comportement ouvert à la coopération ; ne jamais laisser une agression sur soi impunie, pour ne pas laisser entendre que l'on accepte de se faire exploiter sans réaction ; ne pas être trop intelligent, c'est-à-dire être suffisamment lisible pour que,

dans le face à face, les intentions soient comprises sans ambiguïté. Un autre stratégie gagnante le « *Win-Stay or Lose-Shift* » (je change de comportement seulement dans la mesure où le résultat obtenu n'a pas été celui que j'espérais) présente des caractéristiques semblables. Comme on peut également le comprendre, pour que la coopération se développe dans des relations de réciprocité directe, les individus doivent se rencontrer avec une probabilité suffisante, qui doit excéder le rapport coût/bénéfice de la coopération. La coopération n'est donc pas basée sur la confiance mais sur la durée de la relation et sur le fait que connaître ce qui s'est produit dans le passé est essentiel pour suivre l'évolution du présent.

#### *La réciprocité indirecte*

Si l'on considère que la plupart des relations sont de nature fugitive, que les rapports individuels sont asymétriques, la réciprocité directe fondée sur une matrice de gains et de pertes ne fonctionne plus. L'agression est toujours payante par rapport à la coopération. Pourtant, il existe des comportements altruistes. Dans quelle mesure peut-on en donner une explication ? Celle-ci passe par les phénomènes de réputation. Dans les actes de coopération ou d'agression, les individus sont observés par des tiers. Ces tiers représentent une sous-population qui va disséminer à un ensemble plus large l'information sur les comportements individuels. Ceci suppose des capacités cognitives, notamment la capacité à mémoriser de l'information et de la transmettre par le langage, qui sont plus propres à l'espèce humaine. La dissémination de l'information est elle-même intériorisée par l'individu. Dès lors, si l'on connaît avec une probabilité suffisante la réputation de son interlocuteur, et qu'elle excède le rapport coût/bénéfice de l'action envisagée, la coopération par réciprocité indirecte peut émerger.

#### *La réciprocité liée au réseau*

Un autre aspect à considérer dans l'émergence de la coopération est celui des interactions entre les individus. Un individu interagit plus ou moins avec d'autres. Il est lié de façon plus ou moins lointaine à d'autres individus. Les graphes permettent une visualisation des liens et des interactions entre individus. Ils définissent un réseau. Dans le réseau, les individus qui souhaitent coopérer vont avoir tendance à se regrouper entre eux et à éliminer les interactions avec ceux qui ne le souhaitent pas. Le développement de la coopération va donc dépendre du nombre de voisins avec qui l'individu coopérant est connecté ainsi que des comportements dans son voisinage. Sous ces conditions, la coopération émerge d'autant plus facilement que le bénéfice distribué aux autres par rapport au coût de la coopération est important et que le nombre de voisins est réduit.

#### *La sélection par le groupe*

Dans l'analyse des interactions sous forme de réseaux, les individus coopérants sont supposés avoir une tendance naturelle à se regrouper. En outre, la difficulté qu'ont les tenants de la coopération à s'imposer dans des groupes mixtes a été soulignée précédemment. Dès lors en combinant les deux perspectives, une forme évolutionniste de la coopération consiste à représenter une population donnée comme un ensemble formé de trois types distincts de groupes, les uns coopératifs, les autres non-coopératifs, les autres mélangés. L'ensemble de ces groupes sont en concurrence pour affirmer leur suprématie dans la population. La compétition entre groupes existe parce qu'il existe un taux de reproduction différencié. Les groupes de

coopérants se reproduisent plus vite que les groupes mixtes et les groupes de non-coopérants. Tous ces groupes sont également soumis à la contrainte qui veut qu'à partir d'une certaine taille ils doivent se scinder en deux –à la manière de la séparation cellulaire, que le groupe soit coopérant, non coopérant ou mixte. Le modèle de sélection est ainsi basé sur la notion de fécondité, les groupes coopératifs ayant une capacité supérieure à se scinder en plusieurs groupes puisque grandissant plus vite. La coopération parvient-elle à se maintenir ou à émerger de façon suffisante ? La création de différents états possibles est liée à la valeur des paramètres (coût/bénéfice de la coopération, taille maximum des groupes, nombre de groupes, taux de reproduction).

Partant des différentes formes possibles d'émergence de la coopération, la théorie évolutionniste en biologie s'interroge sur la possibilité de son maintien. A partir de la matrice des gains et coûts de la coopération, une distinction peut être faite entre différents équilibres possibles, des stratégies évolutionnistes stables (*Evolutionarily Stable Strategy*) –les coopérants ne peuvent pas être submergés par les non-coopérants ; les environnements à stratégie risquée pour la coopération (*Risk-Dominant Strategy*) qui créent des bassins d'attraction ; les environnements où les coopérants ont un avantage (*Advantageous Dominant Strategy*). Ces trois résultats évolutionnistes se retrouvent dans les différentes formes de coopération exposées par Nowak. Dans chaque forme, ils dépendent de la valeur des paramètres associés aux différentes variables –du rapport coût/bénéfice de la coopération, et suivant les cas, du coefficient de parenté, de la probabilité d'une nouvelle rencontre entre mêmes individus, etc.

Quelles applications ou relations entre ces travaux et les recherches en gestion ? Deux articles récemment parus vont servir d'illustration.

### **Coopération et concurrence autour du partage des connaissances**

D'une manière générale, la coopération autour du savoir implique le partage de connaissances par un agent qui la diffuse et un autre qui l'acquiert. Dans le monde de l'entreprise, le partage de savoir est primordial pour la survie d'une firme, d'une part, en externe entre entreprises appartenant au même environnement, et d'autre part, en interne entre agents de la même firme.

Dans le premier cas, la coopération autour de connaissances est souvent réalisée sous la forme de réseaux entre firmes, par exemple des réseaux d'alliances stratégiques. Dans leur article, paru en 2007 dans *Management Science*, Schilling et Phelps s'interrogent sur ce type de relations inter-entreprises et posent la question de savoir dans quelle mesure la structure d'un tel réseau favorise la capacité innovatrice des firmes membres.

Ensuite, un second article par W. Tsai, paru dans *Organization Science* en 2002, servira à illustrer la problématique de la coopération et de la compétition quant au partage des connaissances à l'intérieur même d'une firme entre ses différentes unités.

#### *Les réseaux d'alliances stratégiques*

L'article de Schilling et Phelps s'intéresse aux réseaux de relations existant entre les firmes de onze secteurs industriels de haute technologie étudiés aux États Unis –aérospatial, semi-conducteurs, pharmaceutique, etc. L'échantillon regroupe 1106 entreprises qui, sur la période 1992-2000, représentent 3600 alliances stratégiques.

Les entreprises, en formant et maintenant des alliances stratégiques, tissent un

réseau de relations directes et indirectes. Ces réseaux peuvent être visualisés par industrie. De même, il est possible de rendre compte de leur évolution dans le temps, et notamment leur déformation, l'hypothèse étant faite qu'une alliance dure en moyenne trois ans. La visualisation des réseaux montre ainsi des regroupements d'entreprises à l'intérieur de chaque industrie, les entreprises ayant tendance à nouer des relations plutôt avec des partenaires géographiquement ou technologiquement proches qu'avec des firmes avec une activité ou position dans l'espace plus éloignées.

L'existence de tels regroupements à l'intérieur du réseau accroît la capacité de transmission d'informations et de connaissances. Un haut degré de connectivité à l'intérieur du groupe facilite la circulation de l'information et sa vérification. Des chercheurs comme Granovetter (1992) ont suggéré que des regroupements très denses dans un réseau favorisent l'émergence de la confiance, de la réciprocité et, enfin, de la coopération grâce à une identité partagée et l'existence de normes collectives. De même, la compréhension partagée d'un problème et de ses solutions facilite ici l'échange d'informations et la coopération.

Par ailleurs, les auteurs soulignent que la portée du réseau d'une entreprise, c'est-à-dire le nombre de partenaires auxquels elle est liée par des liens relativement courts, a un impact sur le transfert de connaissances inter-firmes. Plus une entreprise a des liens directs, nécessitant peu d'intermédiaires pour atteindre une autre entreprise du réseau, plus elle accède à l'information facilement. L'accès est dans ce cas à la fois plus rapide, plus fiable et l'information plus diversifiée que lorsqu'elle est connectée à peu de firmes et via des liens plus longs.

Dès lors, par hypothèse, les firmes qui participent à un réseau d'alliances constitué autour de groupes denses et où la proximité entre entreprises est élevée devraient montrer un plus haut niveau de création de connaissances par rapport à des firmes insérées dans des réseaux qui ne présentent pas ces caractéristiques.

C'est ce que l'article cherche à démontrer, en prenant comme variable de la capacité innovatrice le nombre de brevets soumis par les firmes chaque année. Il est à ce niveau tenu compte des spécificités sectorielles qui peuvent influencer la découverte de nouveaux brevets –notamment l'intensité en recherche et développement. Par ailleurs, l'analyse permet de calculer les coefficients attachés au réseau, aux groupes, à la proximité, à la densité et au degré de centralité. Des régressions statistiques qui ont été opérées, il apparaît que lorsqu'on élimine les facteurs liés au secteur, tels que l'intensité en R&D, la structure du réseau a effectivement une influence sur l'intensité créatrice, donc le développement de brevets, par une firme.

Ce lien est-il robuste ? Qu'illustre l'article ? La robustesse des résultats doit ici être confrontée à une difficulté propre à toute modélisation. Les résultats sont sensibles au changement de valeur des paramètres et aux hypothèses de départ. Par exemple, les alliances sont supposées en moyenne durer trois ans. Si l'on imagine qu'elles durent plus longtemps les déformations du réseau et les interactions entre entreprises sont revues à la baisse en dynamique. Le modèle étant lui-même surdéterminé par la prise en compte des spécificités sectorielles, la mise en évidence de l'effet coopératif de réseau sur l'innovation devient plus marginal. Plus généralement, le problème des bases de données, même retravaillées, est qu'elles permettent difficilement de construire un pont entre des pratiques et un résultat général. La diversité des alliances, le type d'accords passés, ce que les entreprises incluent et projettent dans les alliances sont laissés pour compte. Autrement dit, la diversité des raisons qui fondent la coopération, le lien avec la construction de noyaux coopératifs n'est pas pleinement abordé. Le modèle retient implicitement que les noyaux coopératifs, c'est

-à-dire la proximité entre entreprises, favorisent la capacité et la rapidité à transmettre de l'information, et, par là-même, l'innovation, ici mesurée en termes de nombre de brevets. Est-il envisageable de dépasser ce cadre d'analyse ?

#### *Structure sociale de la coopération dans les organisations*

L'article de Tsai, montre comment il est envisageable d'appliquer une analyse en termes de réseaux aux phénomènes de coopération et de compétition sur un sujet identique, celui du partage des connaissances. Contrairement à Schilling et Phelps, Tsai étudie le transfert de savoir à l'intérieur d'une même entreprise et conduit une analyse fine des mécanismes en œuvre.

Une entreprise leader mondial dans la production de PVC est devenue en une dizaine d'années un conglomérat composé de 24 unités qui se sont diversifiées dans le plastique, le textile, les fibres, l'électronique, la fabrication d'équipements. La recherche se focalise sur la perception qu'ont ces unités de leurs rapports entre elles et de leur incidence sur le partage des connaissances à l'intérieur de l'entreprise.

Les rapports ou interactions entre les unités sont ambivalents. Appartenant à un même groupe, les unités doivent se coordonner, partager des connaissances. Apprendre l'une de l'autre et mettre en commun des savoirs leur permet d'accroître leur efficacité. Les formes de coopération peuvent être de deux ordres, soit incitées par la hiérarchie, l'échelon central, soit provenir de relations plus informelles entre les unités. En même temps, les unités sont en compétition en interne pour le partage des ressources de l'entreprise et en externe lorsqu'elles offrent des produits ou services équivalents. Egalement d'importance dans le jeu coopération/compétition sont les variables qui touchent aux caractéristiques des unités, leur taille, leur proximité géographique, la concordance des problèmes stratégiques.

Un des points importants consiste à s'interroger sur l'émergence de la coopération. Dans les modèles biologiques, il a été souligné que, pour s'établir ou se développer, celle-ci avait besoin d'une aide. Les leviers de la coopération sont, comme on l'a dit, de deux ordres. L'échelon central, le siège, peut décider ou non des collaborations qu'il souhaite voir s'installer entre les unités de l'entreprise. Cependant les contraintes hiérarchiques qu'il exerce peuvent s'avérer restreindre l'autonomie des unités avec des conséquences négatives quant à l'information circulante. Le second levier concerne les relations informelles qui ne suivent pas les relations hiérarchiques verticales. Elles se produisent de façon spontanée au travers de la socialisation dans l'entreprise.

Tsai étudie la question de la coopération et de la compétition autour de la diffusion de la connaissance à partir d'une enquête de terrain basée sur un questionnaire rempli auprès des directeurs d'unités. Le questionnaire aborde les différents sujets cités précédemment. Il consiste en une série d'affirmations que les directeurs vont avoir à noter sur une échelle à 7 points de Likert qui va du plein accord noté 1 au total désaccord noté 7. Par exemple la question de la centralité est traitée en demandant aux directeurs si toutes les transactions opérées par les unités doivent être approuvées par le siège, si les désaccords entre unités sont ou non obligatoirement résolus à l'échelon central, si l'échelon central peut décider ou non des collaborations entre unités. Afin de s'assurer de la cohérence des réponses, la manière dont chaque directeur perçoit sa situation est mise en rapport avec la façon dont il est perçu par les autres unités. En même temps, une matrice 24x24 (croisant les unités) est construite sur les flux de ressources entre les unités ainsi que sur le degré de concurrence entre elles.



Sans entrer dans le détail des différents traitements statistiques, les hypothèses et modèles qui sont testés suggèrent trois grands résultats quant au partage des connaissances. D'une part, les auteurs constatent l'impact négatif d'une structure trop centralisée sur la coopération inter-unités, d'autant plus que les unités se trouvent en concurrence sur le marché externe. En revanche, l'existence de relations sociales informelles a un effet positif sur la coopération intra-organisationnelle, et ce d'autant plus lorsque les unités sont en compétition par rapport au marché externe. Cependant, la concurrence autour de ressources internes ne s'avère pas avoir un effet structurant sur le transfert de connaissances inter-unités.

Ainsi, dans ce second exemple, l'analyse de la coopération en réseau montre des unités qui coopèrent plus ou moins entre elles sur le partage des connaissances. Cette coopération se situe, on l'a vu, à une échelle intra-organisationnelle alors que la précédente portait sur les interactions coopératives entre firmes. Le matériau utilisé est également très différent : large base de données externe pour la première, questionnaires pour la seconde. Même si l'on considère l'intérêt des deux approches, on reste assez éloigné des modèles biologiques de coopération. En effet, dans ces modèles, deux notions sont introduites, celle de sélection et celle d'évolution. Le coopérant doit trouver les moyens de sa reproduction pour sa survie. Il existe une dynamique de la coopération qui fait qu'elle parvient ou non à se maintenir. Peut-on rapprocher cette représentation évolutionniste de la coopération lorsque l'on traite des problèmes de management ?

### **Modèle de l'agent, coopération et complexité**

Dans de nombreux contextes, les interactions entre agents, individus ou formes organisationnelles sont si complexes qu'il n'existe pas un système unique d'équations pour les décrire et les analyser. Cette complexité fait intervenir un grand nombre de variables sans unicité de solution ou d'énumération exhaustive de tous les états possibles. Pour l'étudier, les perspectives sont de plusieurs ordres. Une possibilité consiste à créer un jeu d'équations basées sur des hypothèses simplifiées du réel de sorte que le problème trouve une solution. La difficulté vient des simplifications qui peuvent rendre les résultats, la théorie sous-jacente, trompeurs. Une autre voie consiste à construire des modèles statistiques appliqués à des bases de données existantes ou construites pour tester la validité de certaines hypothèses. Ainsi, les inférences que l'on peut faire sont soit prisonnières du raisonnement mathématique au travers du fonctionnement d'équations simplifiant la réalité, soit prisonnières de l'approximation par rapport à une certaine quantité explicable de la réalité mais sans en reproduire les rouages. Une troisième voie est celle de la simulation par ordinateur. Celle-ci consiste à créer, à partir d'observations fines, une maquette d'enchaînements plausibles qui vont définir un modèle où entreront une pluralité de paramètres mis sous la forme d'un programme que l'ordinateur va faire tourner un grand nombre de fois. Ce qui sera obtenu sera dès lors rapproché de ce qui est observé dans la réalité. Dans ce dernier cas, le niveau de pertinence est celui obtenu par l'itération successive d'un programme d'ordinateur. Cette voie pourrait-elle être d'un apport aux perspectives précédentes dont les limites ont été montrées ?

L'agent modélisé, ou « *l'agent-based modelling* » appartient à cette forme de simulation. Elle est transversale à l'étude des problèmes biologiques et à ceux des sciences humaines. Si elle n'est pas totalement nouvelle – puisque plongeant ses racines dans l'analyse des systèmes – elle fait l'objet d'un grand nombre de travaux et de publications dans des instituts qui s'intéressent à la modélisation des

comportements. Ici, la présentation succincte repose sur différentes références bibliographiques, telles que Doursat (2008), Johnson (2007), Gilbert et Terna (2000), et Levin (2002).

Le point de départ est un agent qui interagit avec d'autres dans un environnement donné. L'ensemble 'agents et environnement' représente le programme informatique. Les agents sont divers et hétérogènes, dotés d'autonomie (ils contrôlent leurs actions) et d'une socialisation locale (ils interagissent). Puis, il existe un processus qui utilise les résultats d'une itération du programme pour en créer une nouvelle.

L'agent –individu, objet, forme organisationnelle– est défini par des règles de comportements qui peuvent, par exemple, être la coopération ou l'agression suivant les circonstances. Il se déplace dans son environnement local, en interaction avec d'autres agents, dans le but d'améliorer sa situation –s'approprier une ressource pour assurer sa survie ou améliorer sa condition. Son comportement est caractérisé par des règles écrites. Il possède en outre une capacité d'adaptation qui lui permet d'en changer. Il existe en effet un processus de *feedback* ou d'apprentissage sur son expérience qui lui permet de modifier son comportement en fonction de son résultat ainsi que de l'observation du résultat général des différentes interactions.

L'intérêt de la simulation basée sur une représentation de l'agent est qu'elle permet de s'abstraire des contraintes des équations mathématiques qui cherchent à représenter dans sa totalité un phénomène particulier ou d'une analyse proprement statistique de l'occurrence des phénomènes. Dans la mesure où les principaux aspects du comportement d'un agent peuvent être décrits ainsi que les mécanismes d'interaction, il est envisageable de construire des processus sociaux sous la forme d'un ordre émergent et auto-adaptatif. Cette perspective, qui repose sur l'absence d'une autorité centrale capable de créer et de définir un ordre ou un état de l'environnement particulier, n'empêche cependant pas l'introduction de contraintes ou de signaux émis à destination des agents par une autorité centrale. En outre, suivant la valeur des paramètres insérés dans la simulation, elle illustre la possibilité de différents états d'équilibre – statiques, périodiques, aléatoires, chaotiques.

Un exemple peut être donné qui se rapporte aux marchés financiers. Il existe des modèles mathématiques qui ont cherché à prédire les cours de bourse à partir d'équations. De même, il existe des analyses statistiques de l'effet d'annonces sur les cours boursiers. Par contre, il n'existe pas de modèle qui permette de manipuler le marché en faveur de l'investisseur : si un tel modèle existait, il serait d'ores et déjà incorporé par le marché, et en raison de phénomènes de *feedback* et de jeux spéculatifs autour du modèle, la prédiction s'effondrerait d'elle-même. C'est pourquoi, quelle que soit la puissance des analyses, les marchés financiers sont voués à la volatilité, alternant des périodes de hausse, de baisse, avec des mouvements aléatoires. Chacun sait qu'il y a eu dans le passé des krachs boursiers et qu'il s'en produira dans le futur. Il est envisageable de prédire qu'un tel état pourra se produire, mais par contre sans pouvoir dire quand et pourquoi. Une analogie est ici celle de la formation des bouchons sur la route : il est sûr qu'ils se produiront, mais sans que l'on puisse dire avec certitude quand.

Si la connaissance ne peut être entière, que peut apporter l'approche en termes d'*agent-based modeling* ? Elle permet essentiellement de compléter les perspectives. Elle envisage la question sous un autre angle. Il existe des *traders* qui sont des objets individuels dont le rôle est de prédire les mouvements boursiers de manière à passer des ordres d'achat et de vente au meilleur prix. Les *traders* en tant qu'agents cherchent à maximiser leurs gains et reçoivent des informations sur les

comportements des autres. En même temps, ils sont alimentés par la rumeur, les annonces financières des entreprises, ou celles des autorités monétaires. Ils peuvent se référer à des mouvements de cours passés et adapter leurs comportements en fonction de leur expérience. Ces comportements individuels produisent le résultat collectif. A partir de ces considérations, il s'agit de définir des règles de comportement de l'agent trader. Dans les travaux de Johnson, Jefferies et Hui (2003) une règle simple est introduite qui prend en compte les mouvements passés du produit financier en fonction d'une « limite de confort » que se fixe le *trader* et qui tient compte des variables économiques existantes. Cette « limite de confort » est associée aux grands mouvements des indices boursiers, entraînant des ordres de vente ou d'achat lorsque leur seuil est dépassé. Les décisions des *traders* se trouvent ainsi placées dans des corridors, des limites de prix qui les font vendre ou acheter. Émerge alors un équilibre à partir des interactions individuelles des *traders*. Le système peut s'emballer ou rester dans des limites. Il reproduit la possibilité de crises boursières, de comportements qui prennent en compte des effets attendus ou surprenants sur le marché.

Quelles sont les limites d'une telle perspective ? La simulation repose sur la formulation de règles de comportement propres aux agents, aux algorithmes d'adaptation qui sont écrits et où l'évolution consiste en une suite infinie d'itérations. En ce sens les agents ne sont pas une reproduction de l'intelligence au sens humain, ils sont des processus programmés qui reproduisent des comportements qui leur sont assignés par les règles. L'une des difficultés est de clairement spécifier et de comprendre le fonctionnement hiérarchique des règles qui conduit au résultat.

## Conclusion

Des programmes récents tel que Netlogo, Swarm, Repast, Cellular Automata, qui sont en utilisation gratuite, fournissent des plate-formes conviviales avec des simulations de référence, pour essayer de construire l'environnement du problème posé, suffisamment proche pour avoir de la pertinence. Cette pertinence, qui réclame souvent d'être assise sur un grand nombre de données dans la confrontation du modèle avec la réalité (le programme demande à être alimenté en données issues du réel), peut également être vue comme une représentation externe perdant en force face à la nécessité d'une décision concrète. Par exemple, que doit-on faire dans le cas d'un crack financier ? Les connaissances économiques s'avèrent sur ce plan sans doute de plus d'utilité.

Par rapport aux exemples précédents, portant sur les réseaux d'alliances entre entreprises et les unités internes à une large organisation, un mode de raisonnement en termes d'*agent-based modeling*, plus en rapport avec les modèles biologiques, aurait sans doute permis, à partir d'une étude de terrain, de poser le problème de la coopération autour du savoir en plusieurs étapes : quel est le degré de finesse de définition de l'agent – entreprise, unités, directeurs ? Quelle est l'autonomie de l'agent ? Quelles sont les règles qui guident son comportement, les règles ou algorithmes qui gèrent son adaptation ? Dès lors, quel type de situations émergentes peuvent se produire à partir de cette représentation ?

## Références

Axelrod Robert (1984) *The Evolution of Cooperation*. NY, Basic Books.

Brandenburger Adam and Nalebuff Barry (1996) *Co-opetition*. NY, Doubleday Press.

- Doursat René (2008) “Complex systems made simple: a hands-on exploration of agent-based modelling” Second Annual French Complex Systems Summer School, Institut des Systèmes Complexes, Paris, July 15-August 9.
- Gilbert Nigel and Terna Pietro (2000) “How to build and use agent based models”, *Mind and Society*, vol. 1, n° 1, March, pp. 57-72.
- Granovetter, Mark S. (1992) “Problems of explanation in economic sociology” in Nohria N., Eccles R. (1992) *Networks and Organizations: Structure, Forms and Action*, Harvard Business School Press, Boston, MA, pp. 25-56.
- Johnson Neil F. (2007) *Two's company, three is complexity*, Oxford, Oneworld Publications.
- Johnson Neil F., Jefferies P. and Hui P. M. (2003) *Financial Market Complexity*. Oxford, Oxford University Press.
- Levin Simon A. (2002) “Complex adaptive systems: exploring the known, the unknown and the unknowable”, *Bulletin of the American Mathematical Society*, vol. 40, n° 1, October 9, pp. 3-19.
- Oxford, Nash John (1953) “wo-Person Cooperative Games” *Econometrica*, vol. 21, no 1, January pp. 128-140.
- Nowak Martin A. (2006a) *Evolutionary Dynamics: Exploring the Equations of Life*. Cambridge, MA, Harvard University Press.
- Nowak Martin A. (2006b) “Five Rules for the Evolution of Cooperation”, *Science*, vol. 314, pp. 1560-1563.
- Schilling Melissa A. et Phleps Corey C. (2007) “Interfirm collaboration networks: the impact of large-scale structure on firm innovation”, *Management Science*, vol. 53, July, pp. 1113-1126.
- Tsai Wenpin (2002) “Social structure of co-opetition within a multiunit organization: coordination, competition, and intraorganizational knowledge sharing”, *Organization Science*, vol. 13, March-April, pp. 179-190.
- Von Neuman John & Morgenstern Oscar (1944) *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton NJ, Princeton University Press ■

**Alain Jeunemaître**

PREG-CRG – CNRS / École Polytechnique

**Nicola Mirc**

PREG-CRG – École Polytechnique